

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
FACULDADE DE ENGENHARIA FLORESTAL
Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais e
Ambientais

BIOSSÓLIDO COMO SUBSTRATO NA PRODUÇÃO DE
MUDAS DE TIMBURI

KELLY DAYANA BENEDET MAAS

CUIABÁ - MT

2010

KELLY DAYANA BENEDET MAAS

**BIOSSÓLIDO COMO SUBSTRATO NA PRODUÇÃO DE
MUDAS DE TIMBURI**

Orientadora: Profa. Dra. Oscarlina Lúcia dos Santos Weber

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Mato Grosso, como parte das exigências do Curso de Pós-graduação em Ciências Florestais e Ambientais, para obtenção do título de mestre.

CUIABÁ-MT

2010

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
FACULDADE DE ENGENHARIA FLORESTAL
Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título: Biossólido como substrato na produção de mudas de Timburi

Autora: Kelly Dayana Benedet Maas

Orientadora: Profa. Dra. Oscarlina Lúcia dos Santos Weber

Aprovada em 26 de fevereiro de 2010.

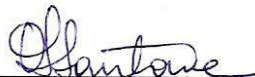
Comissão examinadora:



Prof. Dr. José Fernando Scaramuzza
FAMEV/UFMT



Profa. Dra. Rejane Nascentes
UFV/MG



Profa. Dra. Oscarlina Lúcia dos Santos Weber
Orientadora – PPGCFA/UFMT

DEDICATÓRIA

Dedico ao meu pai Adão Maas, a minha maravilhosa mãe Janete Lucia Benedet, aos meus irmãos Patrick e Greyce, a minha querida avó Lucia Benedet e minha tia Albertina Gonçalves.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela possibilidade de vir ao mundo, conhecer os caminhos e segui-los em busca da realização;

A minha família por estarem sempre ao meu lado e apoiarem minhas decisões;

A minha orientadora, Oscarlina Lucia dos Santos Weber, pelo apoio, confiança, orientação e amizade;

Aos Professores Doutores José Fernando Scaramuzza, Walcylene Lacerda Matos Pereira Scaramuzza e Rejane Nascentes pelo apoio e amizade;

Às amigas e amigos: Lorena de Souza Tavares, Erica Vitória Almeida, Flávia Daniela Pereira Ramos, Renata Sales de Oliveira Cabral, André Luis Bressiani, Ernani Possato, Marco Antonio Vieira Morais, pelo apoio, generosidade, carinho e, principalmente amizade;

Aos funcionários do Laboratório de Microbiologia do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental pelo apoio na realização das análises parasitológicas;

Aos funcionários e estagiários dos Laboratórios de Fertilidade de Solo e Nutrição Mineral de Plantas pela ajuda na realização das análises laboratoriais;

Aos funcionários do Viveiro do Curso de Engenharia Florestal da UFMT, Sr. Divino e Sr. Pedro pelo apoio no acompanhamento do experimento;

Aos colegas de mestrado pela convivência e experiências trocadas;

Ao CPNQ, pela bolsa de mestrado e auxílio à pesquisa;

À Companhia de Saneamento da Capital-SANECAP, pela oportunidade e apoio na realização do experimento;

A todos que fizeram parte da minha vida e que de uma maneira ou de outra contribuíram para execução desse trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO	vi
ABSTRACT.....	vii
1 INTRODUÇÃO	8
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	10
2.1 Espécie florestal: Timburi - <i>Enterolobium contortisiliquun</i> (Vell.) Morong	10
2.2 Substrato	11
2.3 Uso do biossólido como substrato	13
2.4 Características químicas e físico-químicas dos substratos	14
2.5 Características físicas dos substratos	15
2.6 Características parasitológicas do biossólido	17
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	19
3.1 Localização e instalação.....	19
3.2 1º Etapa: Procedência, amostragem e análise parasitológica do biossólido.....	19
3.3 Produção das mudas.....	21
3.4 Teste de germinação	21
3.5 Instalação do experimento.....	21
3.6 Preparo dos substratos e incubação das misturas	21
3.7 Delineamento experimental	22
3.8 Caracterização física dos tratamentos.....	22
3.9 Características químicas dos tratamentos.....	25
3.10 Atributos Avaliados	26
3.10.1 Morfologia da planta	26
3.10.2 Análise química das partes da planta	27
3.11 Análise estatística.....	27
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
4.1 Avaliação da germinação e características morfológicas	28
4.2 Concentração dos macronutrientes e micronutrientes da parte aérea e radicular do Timburi.....	33
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	40

RESUMO

MAAS, Kelly Dayana Benedet. **Biossólido como substrato na produção de mudas de Timburi**. 2010. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá-MT. Orientadora Profa. Dra. Oscarlina Lúcia dos Santos Weber.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o uso de biossólido na produção da espécie florestal Timburi (*Enterolobium contortisiliquun* (Vell.) Morong). Inicialmente foram realizadas análises dos atributos parasitológicos do biossólido, posteriormente foram feitas a caracterização física (umidade, macroporosidade, microporosidade, porosidade total, capacidade máxima de retenção de água, densidade aparente, hidrofobicidade e granulometria) e química (teores totais de macro e micronutrientes, pH e condutividade elétrica) do substrato comercial Plantmax® e das misturas estabelecidas. O delineamento foi o inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e quatro repetições, composto por cinco mudas. As misturas foram compostas de cinco tratamentos: T1 = 100% substrato comercial (testemunha); T2 = 15% de biossólido + 85% substrato comercial; T3 = 30% de biossólido + 70% substrato comercial; T4 = 45% de biossólido + 55% substrato comercial; T5 = 60% de biossólido + 40% substrato comercial. Foram feitas avaliações morfológicas: altura da planta; diâmetro do caule; comprimento da raiz; lançamento foliar; massa seca da parte aérea; massa seca da raiz; massa seca total; relação massa seca da parte aérea/massa seca da raiz; relação altura/diâmetro do caule; relação altura/massa seca da parte aérea e o índice de qualidade de Dickson; análise química da parte aérea e radicular. Com as doses utilizadas não foi possível estimar a quantidade adequada de biossólido para o máximo desenvolvimento das mudas, mas o uso do biossólido favoreceu o crescimento das plantas ocorrendo a variação nos teores de nutrientes nas mudas de Timburi de acordo com as doses de biossólido. Os tratamentos com 45% de biossólido + 55% substrato comercial e com 60% de biossólido + 40% substrato comercial proporcionaram as melhores médias do índice de qualidade de desenvolvimento.

Palavras-chave: biossólido, substrato comercial, *Enterolobium contortisiliquun*

ABSTRACT

MAAS, Kelly Dayana Benedet. **Sludge as substrate for the production of seedlings Timburi**. 2010. Dissertation (MSc in Forestry and Environmental Sciences) - Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá-MT. Advisor Prof.. Dr. Oscarlina Lucia dos Santos Weber.

This study aimed to evaluate the use of sludge in the production of forest species Timburi (*Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong). Initially, analyzes the attributes of parasitological sludge, were later made the physical properties (moisture, porosity, microporosidadede porosity, maximum water retention, density, hydrophobicity and size) and chemical (total concentration of macro and micronutrients pH and electrical conductivity) of the substrate Plantmax ® and mixtures established. The design was completely randomized design with five treatments and four replicates with five seedlings. The mixtures were composed of five treatments: T1 = 100% commercial substrate (control), T2 = 15% sewage sludge + 85% commercial substrate, T3 = 30% sewage sludge + 70% commercial substrate, T4 = 45% sewage sludge + 55 % commercial substrate, T5 = 60% sewage sludge + 40% commercial substrate. Morphological assessments were made: plant height, stem diameter, root length, leaf launch, the dry mass of shoots, root dry mass, total dry mass, dry mass ratio of shoot / root dry mass, height / stem diameter, height / dry weight of shoot and the quality index of Dickson; chemical analysis of root and shoot. With the doses used was not possible to estimate the proper amount of sludge to the maximum development of the seedlings, but the use of biosolid favored the growth of plants occurring variation in nutrient content in seedlings Timburi according to the doses of sewage sludge. The treatments with 45% sewage sludge + 55% commercial substrate and 60% sewage sludge + 40% commercial substrate provided the best means for the quality of development.

Keywords: sewage sludge, commercial substrate, *Enterolobium contortisiliquum*

1 INTRODUÇÃO

Com o crescimento urbano desordenado surgem problemas com o manejo adequado dos resíduos urbanos, a questão relacionada à problemática dos efluentes nas cidades faz com que seja necessário além da qualidade nos tratamentos de água e esgoto, o gerenciamento dos resíduos ao final dos processos, sendo um dos principais desafios a destinação final da quantidade gerada.

O resíduo gerado nas estações de tratamento conhecido como lodo de esgoto ou bio sólido, é rico em matéria orgânica e nutrientes, e vem sendo utilizado para fins agrícola e florestal, por apresentar características de fertilizante. O uso de bio sólidos em sistemas de produção vegetal é uma idéia integrante do programa nacional de controle de impactos ambientais e, faz parte da Agenda 21 brasileira, na área intitulada "Agricultura Sustentável", onde vários aspectos da atual situação da agricultura são abordados. Com vistas à recuperação de áreas degradadas, reflorestamento e, devido ao aumento do valor econômico de espécies praticamente extintas, a produção de espécies florestais nativas surge como alternativa viável para fins energéticos e madeireiros.

A comprovação da viabilidade do resíduo é apresentada visando à minimização de um passivo ambiental, além da economia gerada no processo de produção. Assim, sabendo do aumento na procura por mudas florestais nativas e do grande potencial do biofóssido como adubo orgânico, este trabalho propôs o uso do biofóssido como substrato na produção de mudas de Timburi (*Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong)

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Espécie florestal: Timburi - *Enterolobium contortisiliquun* (Vell.) Morong

De acordo com Salomão et al. (2003), a espécie *Enterolobium contortisiliquun* (Fig.1-A) conhecida popularmente como Tamboril, além de Timburi, Orelha-de-macaco, Pau-de-sabão, planta decídua no inverno, heliófita, seletiva higrófito, pioneira, dispersa em várias formações florestais, sua altura varia entre 20 e 35 m, tronco de 80-160 cm de diâmetro, sua ocorrência acontece desde os estados do Pará, Maranhão e Piauí até o Mato Grosso do Sul e Rio Grande do Sul (LORENZI, 2002).



Figura 1-A – Fotos da espécie *Enterolobium contortisiliquun* (Vell.) Morong. Fonte: Lorenzi (2002)

A espécie é uma alternativa econômica em algumas regiões, pois sua madeira leve pode ser utilizada para fabricação de barcos e canoas, além da possibilidade de utilização na recuperação de áreas degradadas (MICLOS et al, 2008). Mas a multiplicação dessa espécie por meio de sementes, é lenta e desuniforme devido ao mecanismo de dormência, segundo Eira et al. (1993) é necessário um tratamento adequado. O autor indica o processo de imersão em ácido sulfúrico como o mais adequado, enquanto Lorenzi (2002) indica o método de escarificação das sementes para a espécie *Enterolobium contortisiliquum*, com emergência entre 10-20 dias com taxa de germinação de 25%.

Melo e Rodolfo Junior (2006) observaram como melhor tratamento para a quebra de dormência das sementes a imersão em ácido sulfúrico (H_2SO_4) com 72% de sementes germinadas e tempo médio de 15,7 dias, além as melhores médias de altura, número de indivíduos na primeira contagem e o maior índice de velocidade de emergência (IVE).

Alexandre et al. (2009) em ensaio em casa de vegetação obtiveram melhores resultados com escarificação mecânica com lixa, sem ou com embebição em água, como método eficiente para superação de dormência tegumentar em sementes da espécie em questão. Após a quebra de dormência a espécie apresenta desenvolvimento inicial rápido (LORENZI, 2002)

Duboc (2005) classificou as espécies *Copaifera langsdorffii* Desf. e *Enterolobium contortisiliquun* (Vell.) Morong como secundária e pioneira, respectivamente, afirmou ainda que espécies pioneiras e secundárias possuem como estratégias de estabelecimento, rápido crescimento inicial e posteriores reduções nos índices de crescimento, independente da disponibilidade de nutrientes.

2.2 Substrato

Substrato é uma combinação de componentes utilizada para a produção de mudas, fornecendo as condições químicas e físicas

favoráveis à germinação das sementes e ao seu desenvolvimento, dando sustentação às plântulas, apresentando grande variação em sua composição devido à gama de materiais que podem ser utilizados. Normalmente, se utiliza uma mistura de materiais visando à adequação do substrato à espécie cultivada em relação à densidade, equilíbrio nutricional, retenção de água, e outros fatores (ANDREOLI et al., 2006).

ROSA JR. et al. (1998) explicam que os substratos para a produção de mudas podem ser definidos como sendo o meio adequado para sua sustentação e retenção de quantidades suficientes e necessárias de água, oxigênio e nutrientes, além de oferecer pH compatível, ausência de elementos químicos em níveis tóxicos e condutividade elétrica adequada. A fase sólida do substrato deve ser constituída por uma mistura de partículas minerais e orgânicas.

O estudo do arranjo percentual desses componentes é importante, já que eles poderão ser fonte de nutrientes e atuarão diretamente sobre o crescimento e o desenvolvimento das plantas. Portanto, em decorrência do arranjo quantitativo e qualitativo dos materiais minerais e orgânicos empregados, as mudas serão influenciadas pelo suprimento de nutrientes, água disponível e oxigênio (TRIGUEIRO e GUERRINI, 2003; ROSA JR. et al., 1998).

Assim, Lima et al. (2006) trabalhando com compostos de cinco fontes de matéria orgânica observaram que cada mistura melhora o desenvolvimento das mudas: a mistura de solo + casca de amendoim + cama de frango + mucilagem de sisal possibilitou melhor crescimento das plantas de mamoneira, a cama de frango apresentou-se como uma boa fonte de nutrientes, a casca de amendoim e a mucilagem de sisal melhoraram as características físicas do substrato, já os substratos contendo bagaço de cana, de forma geral, se mostraram inadequados para a produção das mudas.

Valeri e Corradini (2000) colocam que devido aos diferentes tipos de materiais que são utilizados para composição de um substrato, é importante que se determine as suas características físicas, para selecionar o substrato que proporcione uma relação adequada entre

volumes de seus constituintes no tubete, ou seja, volume de ar, volume de água e volume de sólidos.

Dessa maneira, uma tendência para composição dos substratos para produção de mudas, tem sido a adição de fontes de matéria orgânica, a qual contribui não só para o fornecimento de nutrientes, mas também para as características físicas do meio de cultivo (LIMA et al., 2006). Tedesco et al. (1997) citado por Trigueiro (2002) utilizando vermicomposto na composição de substratos, obtiveram o incremento nos valores das variáveis altura de planta, biomassa de parte aérea, de raízes e total, à medida que se aumentou as doses do material orgânico.

2.3 Uso do biossólido como substrato

O lodo de esgoto é um resíduo semi-sólido, predominantemente orgânico, com teores variáveis de componentes inorgânicos obtido do tratamento de águas residuárias, com a finalidade de recuperar a sua qualidade, de modo a permitir o seu retorno ao ambiente, sem causar poluição (CASSINI et al., 2003 e ANDRADE, 1999). O lodo de esgoto (LE) quando higienizado de maneira correta, estabilizado e seco, é chamado de biossólido (MELO e MARQUES, 2000).

Existem várias formas de disposição desse resíduo no ambiente: incinerado, disposto no oceano, reusado industrialmente e em aterros sanitários (SILVA et al., 2000), e com fins agrícola e florestal (BETTIOL e CAMARGO, 2006). Como esse resíduo é rico em matéria orgânica e em macro (N, P, Ca, Mg) e micronutriente (Cu e Zn) para as plantas, tem mostrado potencial fertilizante e condicionador das propriedades físicas e químicas do solo (BETTIOL e CAMARGO, 2006; TRIGUEIRO e GUERRINI, 2003).

No processo de produção de mudas de espécies florestais, o uso de lodo de esgoto tem sido uma alternativa viável como fonte de matéria orgânica e de nutrientes (TELES et al., 1999), e mostra resultados

satisfatórios quando usado como componente orgânico para substratos (TRIGUEIRO, 2002). Teles et al. (1999) testando o lodo pasteurizado produzido em lagoas de estabilização obtiveram incremento em altura, diâmetro e matéria seca das mudas de *Enterolobium contortisiliquum* em função do aumento das doses que foram de 25% a 100%, sendo o resíduo apresentado como opção promissora para o reflorestamento, devido ao aporte significativo de nutrientes e de matéria orgânica que o lodo conferiu a um custo relativamente reduzido.

Para Andreoli e Pegorini (2000) a reciclagem agrícola do lodo, tem se destacado mundialmente, por reduzir a pressão de exploração sobre os recursos naturais, a quantidade de resíduos com restrições ambientais quanto a sua destinação final, viabilizar a reciclagem de nutrientes, promover melhorias físicas, especialmente na estruturação do solo e por apresentar uma solução definitiva para a disposição desse resíduo.

Portanto, do ponto de vista ambiental, o reuso do biossólido é uma alternativa conveniente, que propicia a economia de energia e reservas naturais, além de diminuir as necessidades de fertilização mineral (GHINI e BETTIOL, 2009) e minimização de um passivo ambiental que para KRAEMER (2000) representa toda e qualquer obrigação de curto e longo prazo, destinadas, única e exclusivamente, a promover investimentos em prol de ações relacionadas à extinção ou amenização dos danos causados ao meio ambiente, inclusive percentual do lucro do exercício, com destinação compulsória, direcionado a investimentos na área ambiental.

2.4 Características químicas e físico-químicas dos substratos

As características relacionam-se às suas propriedades químicas e físico-químicas, como a presença e disponibilidade de nutrientes, seus excessos e carências, elementos tóxicos, metais pesados, presença de elementos químicos não necessários, pH, saturação por bases, capacidade de troca catiônica, e outras. É

necessário que ocorra o equilíbrio químico que influencia diretamente as condições necessárias para o desenvolvimento das mudas. Se uma dessas características estiver desfavorável, o sistema pode ficar desequilibrado, dificultando a germinação, desenvolvimento e o manejo na produção (ANDREOLI et al.; 2006)

Mundialmente, as características químicas mais utilizadas de um substrato são: o pH, a capacidade de troca de cátions (CTC), a salinidade e o teor percentual de matéria orgânica nele presente. Para cada uma dessas características, já foram estudados e definidos padrões e faixas de valores que caracterizam as condições ideais a serem verificadas em um substrato (KAMPF, 2000)

Para Sodré et al. (2005) a faixa de pH considerada ideal para os cultivos varia de acordo com o substrato, com o ambiente e com a cultura; por outro lado, a condutividade elétrica (CE) indica a concentração de sais na solução e auxilia na estimativa da salinidade do substrato. Para Kampf (2000) nos valores de pH de 6,0 a 7,0 ocorre adequada disponibilidade de nutrientes nos substratos minerais, mas para substratos orgânicos, esse valor varia de 5,2 a 5,5.

Andreoli et al. (2006) recomendam a adição de nutrientes ao substrato quando necessário, para complementar a demanda dos elementos essenciais ao desenvolvimento das plantas. A formulação e dosagem são variáveis de acordo com as características do substrato utilizado e a espécie que será produzida. Para os substratos é recomendado a análise química de potencial agrônomico (fertilidade), metais pesados e salinidade, as duas últimas especialmente quando o substrato for composto com lodo de esgoto, esterco ou lodo de estações de tratamento de água e não tiverem passado por avaliação ou processo de higienização.

2.5 Características físicas dos substratos

A formação de mudas florestais de boa qualidade envolve os processos de germinação de sementes, iniciação radicular e formação do

sistema radicular e parte aérea, que estão diretamente relacionados com características que definem o nível de eficiência dos substratos, tais como: aeração, drenagem, retenção de água e disponibilidade balanceada de nutrientes. Por sua vez, as características dos substratos são altamente correlacionadas entre si: a macroporosidade com aeração e drenagem, e a microporosidade com a retenção de água e nutrientes (Gonçalves e Poggiani, 1996).

As características físicas de maior importância para determinar o manejo dos substratos são granulometria, porosidade e curva de retenção de água. A definição da granulometria do substrato, ou proporções entre macro e microporosidade e, conseqüentemente relações entre ar e água, permite sua manipulação e melhor adaptação às situações de cultivo, pois possibilita diferentes proporções entre macro e microporosidade e, diferentes relações entre ar e água. O conhecimento da curva de retenção de um determinado substrato permite ao produtor programar o manejo mais adequado da irrigação, na medida em que ele pode determinar a quantidade de água a ser aplicada para uma espécie vegetal específica, cultivada num determinado recipiente (FERMINO, 2002).

Para Tavares Júnior (2004) a granulometria influencia na aeração das raízes, no entanto essa característica não tem sido avaliada nos trabalhos. Pode-se admitir, por hipótese, que a aderência entre as partículas do substrato com as raízes é dependente da textura do material. Essa característica é fundamental à manutenção da integridade do conjunto muda-substrato e à preservação da sua estabilidade após a retirada do tubete e manuseio para o plantio.

Cunha et al (2006) explicam que a qualidade física do substrato é importante, principalmente pelo estágio de desenvolvimento que a planta se encontra, sendo suscetível ao ataque por microrganismos e pouco tolerante ao déficit hídrico. Assim, o substrato deve reunir características físicas e químicas que promovam, respectivamente, a retenção de umidade e disponibilidade de nutrientes, de modo que atendam às necessidades da planta.

2.6 Características parasitológicas do biossólido

O gerenciamento da sanidade do lodo, caracterizada pelos principais agentes patogênicos, tais como os ovos de helmintos, cistos de protozoários, colônias de bactérias, hifas de fungos e alguns vírus, é realizado por meio de métodos de higienização, que devem ser econômicos, seguros e de fácil aplicação prática. Além do sistema de higienização, o gerenciamento da reciclagem deve considerar a possibilidade de definição de restrições de uso, que devem ser tanto mais rigorosas quanto pior for a eficiência do método selecionado (Ilhenfeld et al., 1999).

Para a aplicação em áreas agrícolas, os lodos devem ser submetidos ao processo de redução de patógenos e da atratividade de vetores, segundo norma P4230 Companhia Ambiental do Estado de São Paulo-CETESB (1999) o lodo é classificado como Classe A quando apresenta densidade menor a 10^3 NMP/g ST (Número mais provável por grama de sólidos totais) de coliformes fecais e densidade menor a 3 NMP/4g ST (Número mais provável por 4 g de sólidos totais) para *Salmonella sp*, e Classe B quando a densidade de coliformes fecais for menor a 2×10^6 NMP/g ST. Em relação a ovos de helmintos, a densidade mínima permitida antes do processo de desinfecção é >1 por 4 gramas de sólidos totais (base seca) e após o processo <1 por 4 gramas de sólidos totais (base seca).

Entre os diversos princípios capazes de promover a desinfecção do lodo: Três fatores se destacam como mais indicados; a temperatura, o pH e a radiação. Sob determinadas condições ambientais, esses fatores apresentam faixas em que os organismos se mantêm presentes ou em desenvolvimento no lodo, e desde que quebrado esse equilíbrio, os organismos são destruídos. A intensidade e o tempo em que esses fatores são aplicados à massa de lodo de esgoto determinam a eficiência da desinfecção (ILHENFELD et al, 1999).

O uso do processo de solarização como mecanismo de higienização do lodo, indicam a técnica como de fácil aplicação e custo

reduzido como forma de diminuir o potencial de contaminação do lodo. Parte da população do patógenos morre por efeito direto da elevação da temperatura, especialmente das estruturas localizadas na superfície, onde as maiores temperaturas são atingidas. Assim, recomenda-se realizar o tratamento de solarização durante o período de maior intensidade de radiação solar (ANDREOLI et al., 2001).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e instalação

O experimento foi realizado em duas etapas: a primeira etapa consistiu na caracterização parasitológica do bio sólido realizada no laboratório de Microbiologia do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFMT. A caracterização física e química do substrato comercial Plantmax® e das misturas que compuseram os tratamentos foi realizada no laboratório de Solos da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT); a segunda etapa foi feita em casa-de-vegetação da Faculdade de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), onde foram testadas as misturas com diferentes doses de bio sólido para a produção de mudas de Timburi.

3.2 1º Etapa: Procedência, amostragem e análise parasitológica do bio sólido

O bio sólido usado no experimento foi disponibilizado pela Companhia de Saneamento da Capital-SANECAP/Cuiabá. O resíduo foi gerado na Estação de Tratamento de Esgoto-ETE instalada no Bairro Maria de Lurdes que atende uma população de 3.504 residentes.

Na ETE utiliza-se do sistema de tratamento de lodo de esgoto do tipo UASB (Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente) + BF (Biofiltro Aeróbio Submerso), constituído de processo biológico de última geração, com capacidade para realizar tratamento em nível secundário pela associação em série de reatores anaeróbios e biofiltros aerados submersos, atingindo eficiência de remoção de matéria orgânica superior a 90%. O sistema compacto tem capacidade de vazão média de $Q=7$ l/s (SANECAP, 2009)

O biossólido foi coletado após 15 dias do lançamento no leito de secagem da referida ETE e acondicionado em dois tambores plásticos de 60 litros. Foi retirada uma amostra de cada tambor e levadas imediatamente ao laboratório de microbiologia do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental-UFMT para análises de coliformes totais utilizando a metodologia de tubos múltiplos em conformidade com American Public Health Association-APHA (1999) e quantidade de ovos de helmintos presentes utilizando a metodologia proposta por Meyer (1978). Após a primeira análise o biossólido foi submetido ao processo de desinfecção pelo processo de solarização com revolvimento ficando sob lona plástica preta ao ar livre por um período de 45 dias sem sofrer influências de chuva, sereno ou vento, e posteriormente realizou-se a segunda análise para verificação da diminuição da quantidade de coliformes fecais. Os resultados obtidos (Tabela 1) foram utilizados para classificar o biossólido segundo a norma da CETESB P4230 de agosto de 1999, Classe A.

Tabela 1 – Caracterização parasitológica do biossólido utilizado

	Coliformes fecais	Ovos de helmintos	Classe
1º Análise	$2,1 \times 10^2$ NMP/g ST*	Ausente	A
2º Análise	$1,7 \times 10^2$ NMP/g ST*	Ausente	A

* Número mais provável por grama de sólidos totais.

3.3 Produção das mudas

A espécie utilizada foi a *Enterolobium contortisiliquun* (Vell.) Morong (Leguminosae) vulgarmente chamada de Timburi. Suas sementes foram coletadas no município de Santo Antônio de Leverger, as quais foram acondicionadas em sacos de papel devidamente identificados e colocados em câmara fria para melhor conservação.

3.4 Teste de germinação

As sementes passaram pelo processo de escarificação mecânica utilizando esmeril elétrico sem embebição em água seguido de semeadura imediata nos tubetes. Posteriormente foi colocada mais uma fina camada das misturas sobre as sementes. Durante o trabalho foi feito o acompanhamento da umidade e da temperatura média diária. A irrigação foi feita pelo sistema de microaspersão duas vezes ao dia, uma no período matutino e outra no período vespertino.

O processo de germinação foi acompanhado diariamente por 30 dias. Assim que as plântulas emergiam as sementes germinadas foram contabilizadas.

3.5 Instalação do experimento

Para a montagem do experimento utilizou-se vinte tubetes de 180 cm³ para cada tratamento, totalizando 120 tubetes. Como os substratos já estavam, previamente umedecidos os tubetes foram compactados manualmente, para melhor acomodação do substrato.

3.6 Preparo dos substratos e incubação das misturas

Para a composição dos tratamentos foram utilizadas diferentes doses do bio sólido misturadas ao substrato comercial: T1 = 100% substrato comercial (testemunha); T2 = 15% de bio sólido + 85% substrato comercial; T3 = 30% de bio sólido + 70% substrato comercial; T4 = 45% de bio sólido + 55% substrato comercial; T5 = 60% de bio sólido + 40% substrato comercial.

O bio sólido seco foi triturado e após foi feita a pesagem dos componentes, em seguida realizou-se as misturas, as quais foram umedecidas, homogeneizadas e colocadas dentro de sacos plásticos pretos, lacrados por 30 dias para o processo de maturação.

3.7 Delineamento experimental

O delineamento foi o inteiramente casualizado com 5 (cinco tratamentos), quatro repetições, cada repetição composta por cinco mudas.

3.8 Caracterização física dos tratamentos

A caracterização física (umidade, macroporosidade, microporosidade, porosidade total, capacidade máxima de retenção de água, densidade aparente, hidrofobicidade e granulometria) dos tratamentos foi realizada no Laboratório de Solos da FAMEV-UFMT.

Umidade - a determinação da umidade foi feita utilizando a metodologia de Kiehl (1985), com a identificação de cápsulas de alumínio e após pesagem de porções de 20 g de cada amostra úmida as amostras foram postas para secar em estufa a 105°C por 24 horas, após foram pesadas novamente. Os resultados foram expressos pela equação 1:

$$\% \text{ Umidade (105}^\circ\text{C)} = \frac{(P_u - P_s)}{P_s} \cdot 100 \quad (1)$$

onde:

P_u = peso úmido (g), P_s = peso seco.

Macro e microporosidade, porosidade total, capacidade máxima de retenção de água e densidade aparente - As análises foram realizadas utilizando a metodologia de Silva (1998), que constituiu nas seguintes etapas:

Os tubetes foram identificados, tarados e tiveram seus volumes determinados. Em seguida os tubetes foram preenchidos, manualmente e o substrato foi compactado com batidas para o adensamento das partículas. Depois os tubetes e substratos foram submetidos à saturação com água por (1) uma hora; após tubetes foram drenados por 30 minutos e, depois, quando necessário, completou-se o volume dos tubetes com mais substrato, para compensar a acomodação inicial do mesmo e retornaram-se os tubetes para a caixa de água por mais 1 (uma) hora para saturar novamente; Posteriormente, procedeu-se à primeira pesagem (saturado) em que o tubete foi levantado e o orifício do fundo foi vedado com fita adesiva para não drenar a água nele. Em seguida, acrescentou-se água com bureta até o limite da borda do tubete. Enxugou-se a água aderida na superfície externa do tubete com papel absorvente o tubete foi pesado.

O próximo passo foi a drenagem dividida em duas etapas, a primeira com o tubete suspenso, com a superfície de drenagem livre por uma hora. Depois, os tubetes foram mantidos em drenagem com o fundo em contato com folhas de papel jornal e uma lâmina de espuma plástica por mais 12 horas; a segunda pesagem (drenado): retirando os tubetes do suporte e imediatamente foram pesados; o substrato drenado foi transferido para capsulas de alumínio com tampa previamente identificada e tarada, após sendo levadas à estufa a 105°C, por 24 horas. A terceira pesagem (seco) foi feita após a retirada da estufa, as quais foram postas no dessecador para esfriar e para determinação da macro e microporosidade, capacidade de retenção e densidade. Utilizando-se as equações 2,3,4,5 e 6 :

$$\text{Macroporosidade (\%)} = [(A-B) / C] \times 100 \quad (2)$$

$$\text{Microporosidade (\%)} = [(B-D-E) / C] \times 100 \quad (3)$$

$$\text{Porosidade Total (\%)} = \text{Macroporosidade} + \text{Microporosidade} \quad (4)$$

$$\text{Capacidade de Retenção (mL/180 cm}^{-3}\text{)} = B-D-E \quad (5)$$

$$\text{Densidade} = (D-E) / C \quad (6)$$

onde,

A= peso do substrato encharcado, B = peso do substrato drenado, C = volume do container*, D = peso do substrato seco e E = peso do container*.

* tubetes de polipropileno com capacidade de 180 cm⁻³

Hidrofobicidade - a análise de hidrofobicidade consistiu no método descrito em Symposium on water repellent soils (1968) em que é medido o tempo gasto pela gota d'água para penetrar na amostra. As gotas foram liberadas a uma altura aproximada de 10 mm acima da superfície do substrato, para minimizar o impacto com a superfície. Para obter o grau de repelência à água utilizou-se o método de WDPT, no qual é estabelecida a seguinte classificação:

- a. Solos hidrofílicos, a gota d'água permanece menos de 5 segundos sobre a superfície do solo;
- b. Solos levemente hidrofóbicos a gota d'água permanece entre 5 e 60 segundos;
- c. Solos fortemente hidrofóbico, a gota d'água permanece entre 60 a 600 segundos.
- d. Solos severamente hidrofóbico a gota d'água permanece 600-3.600 segundos;
- e. Solos extremamente hidrofóbico a gota d'água permanece acima de 3600 segundos.

Granulometria – a análise granulométrica foi realizada utilizando a metodologia proposta por EMBRAPA (1997)

Os resultados da caracterização física dos substratos estão expressos na Tabela 2 e 3.

Tabela 2 – Características físicas dos substratos em cada tratamento de acordo com o aumento das doses do biossólido.

TRAT	HIDROFOBICIDADE	UMIDADE	MACROPOROS	MICROPOROS	POROSIDADE TOTAL	CAPACIDADE DE RETENÇÃO	DENSIDADE APARENTE
	(s)	(%)				mL/180 cm ³	g/cm ³
T1	1,95 a	42,06 a	10,37 a	63,25 ab	73,57 ab	53,22 ab	0,93 ab
T2	0,94 b	37,16 b	14,42 a	59,52 ab	73,55 ab	50,03 ab	0,90 ab
T3	0,58 bc	32,40 c	12,65 a	56,57 b	69,17 b	47,07 b	0,85 b
T4	0,51 c	25,06 d	11,30 a	63,67 ab	74,95 ab	54,21 ab	0,88 ab
T5	0,41 d	20,38 e	10,15 a	72,37 a	82,50 a	62,73 a	0,97 a
CV (%)	20,79	2,65	24,88	10,92	7,52	13,05	5,40

Tabela 3 – Percentual (%) granulométrico dos tratamentos estudados

TRAT	Peneiras de retenção (mm)					Total
	2,00	1,00	0,50	0,25	0,13	
	(%)					
T1	1,85	15,25	32,89	29,96	20,05	100
T2	2,38	17,26	31,92	26,44	22,00	100
T3	2,89	22,16	33,90	23,19	17,86	100
T4	2,79	17,19	31,71	24,69	23,62	100
T5	2,98	23,12	32,98	22,15	18,77	100

3.9 Características químicas dos tratamentos

As análises das características químicas (macronutrientes e micronutrientes) do substrato comercial Plantmax® (testemunha) e das misturas foram feitas de acordo com os métodos descritos Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento-MAPA (1988) e a condutividade elétrica dos substratos foi feita utilizando a proporção de extração 1:2, segundo método de Camargo et al. (1986), os resultados estão expressos na Tabela 4.

Tabela 4 – Características químicas dos tratamentos

TRAT	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MO	Ca	Mg	Na	Zn	Mn	Fe	pH CaCl ₂	CE Ext. 1:2
	%						mg/kg				–	mS cm ⁻¹
T1	0,53	0,28	0,17	12,86	0,41	0,92	398	13500	107	21,2	5,21	2,05
T2	1,26	0,47	0,22	17,7	1,04	0,8	408	15540	109	196	5,61	3,24
T3	1,71	0,29	0,17	24,56	0,26	0,84	506	13700	112	208	5,94	3,68
T4	2,13	0,84	0,29	25,73	1,36	0,78	562	18720	121	448	6,03	4,41
T5	2,6	1,15	0,34	46,56	1,66	0,66	604	20880	133	732	6,08	4,54

3.10 Atributos Avaliados

3.10.1 Morfologia da planta

Análise da altura da parte aérea, comprimento da raiz e diâmetro do colo - a avaliação das características morfológicas foram feitas em três das cinco mudas que compunham cada repetição. Ao final de 120 dias as mudas foram coletadas para serem realizadas medidas de altura da parte aérea e comprimento da raiz utilizando régua graduada de 30 cm. Para a característica altura da parte aérea foi considerado o comprimento entre o colo e a extremidade da folha mais jovem. O diâmetro do colo foi medido com paquímetro digital de 150 mm da marca PROFIELD®.

Peso da massa seca da parte aérea e da raiz - As mudas foram colhidas e parte aérea (folhas e caule) e radicular foram lavadas, separadas e colocadas em sacos de papel devidamente identificados e levadas à estufa de circulação de ar forçada a 65°C. Depois as amostras foram moídas em moinho tipo “Willey” e passada em peneira de 20 mesh.

Relação massa seca da parte aérea/raiz - determinada pela divisão dos valores médios de massa seca da parte aérea e massa seca da raiz.

Relação altura/diâmetro do colo - determinada através da divisão dos valores médios obtidos da altura e do diâmetro do colo.

Relação altura/massa seca parte aérea - determinação feita pela divisão dos valores médios de altura e da massa seca da parte aérea.

Índice de Qualidade do Desenvolvimento (IQD) - obtido considerando os valores de massa seca da parte aérea, das raízes e de massa seca total, altura e diâmetro do colo das mudas. Para obtenção dos valores utilizou-se a metodologia de Dickson et al. (1960) pela equação (7):

$$IQD = \frac{MST(g)}{H(cm)/DC(cm) + (PMSPA(g)/PMSRA(g))} \quad (7)$$

Onde:

IQD = Índice de desenvolvimento de Dickson, MST = Massa seca total (g), H = altura (cm), DC = diâmetro do colo (cm), PMSPA = Peso da matéria seca da parte aérea (g) e PMSRA = Peso da matéria seca da raiz (g)

3.10.2 Análise química das partes da planta

A determinação da concentração dos macronutrientes foi feita segundo os métodos descritos em Malavolta et al. (1997).

3.11 Análise estatística

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade utilizando-se do Programa Computacional Minitab 14, $p \leq 0,1$, posteriormente foram agrupados e lançados no aplicativo computacional SISVAR 4.3, onde os dados qualitativos foram submetidos à análise de variância, e os fatores significativos pelo teste F tiveram seus níveis comparados pelo Teste de Tukey 5%. Para os dados quantitativos foram ajustados a Análise de Regressão. Os dados relativos a concentração de potássio na planta, com o intuito de se obter a homogeneidade de variância, foram transformados em $(y + 0,5)^{1/2}$ antes de serem submetidos à análise de regressão.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Avaliação da germinação e características morfológicas

As sementes de Timburi emergiram após o quinto dia da implantação do experimento até o 12º dia. O T2, T3 e T4 apresentaram 100% de germinação, o T5 com 95% e o T1 com 90%, os resultados foram extremamente satisfatórios em relação à emergência e quebra de dormência utilizando escarificação mecânica sem embebição em água, pois a espécie é considerada de difícil germinação. Valores próximos foram obtidos por Azeredo et al. (2003) onde a escarificação sem embebição promoveu o máximo de emergência nas sementes de Timburi, assim como Azevedo et al. (2007), que obteve médias mais altas de porcentagem e velocidade de emergência da espécie *Enterolobium schomburgkii* nos tratamentos com escarificação da semente sem embebição em água.

Em relação às características morfológicas: altura (H), diâmetro do caule (DC), comprimento da raiz (CR), lançamento foliar (LF), produção de massa seca da parte aérea (MSPA) e da raiz (MSRA), massa seca total (MST) e as relações parte aérea/raiz (PA/RA), altura/diâmetro do caule (H/DC), altura/massa seca da parte aérea

(H/MSPA), bem como o índice de qualidade de Dickson (IQD) estão expressos na Tabela 6.

Tabela 6 – Características morfológicas da espécie *Enterolobium contortisiliquun* (Vell.) Morong

TRAT	H	DC	CR	LF	MSPA	MSRA	MST	MSPA/MSRA	H/DC	H/MSPA	IQD
	cm	mm	Cm	unidade		g		--	--	--	--
T1	30,72 a	3,01 b	12,61 a	6,01 b	1,11 c	2,21 a	3,32 c	0,50 b	10,18 a	27,52 a	0,31 c
T2	30,82 a	3,29 a	12,51 a	7,66 ab	1,54 b	2,18 a	3,72 b	0,71 a	9,38 b	20,18 b	0,36 b
T3	30,96 a	3,36 a	12,61 a	8,96 a	1,63 ab	2,28 a	3,91 ab	0,71 a	9,21 ab	19,12 ab	0,39 ab
T4	30,56 ab	3,46 a	12,74 a	8,33 a	1,87 a	2,26 a	4,13 a	0,75 a	8,81 ab	16,33 c	0,43 a
T5	29,16 b	3,41 a	12,71 a	7,91 a	1,66 ab	2,21 a	3,87 ab	0,82 a	8,54 c	17,63 ab	0,41 a
C.V (%)	2,13	3,16	2,31	11,01	7,52	0,2	4,22	8,21	3,70	7,97	5,48

Médias seguidas da mesma letra, não diferem entre si pelo Teste de Tukey (P>0,05)

Para a altura da parte aérea o T1, T2, T3 não apresentaram diferença, sendo o T3 com a melhor média, obtendo valores de até 30,96 cm, e reduzindo em doses maiores. Nóbrega et al. (2007), em experimento com mudas de *Schinus terebynthifolius* utilizando dose de 35% de bio sólido, obtiveram altura máxima estimada em 15,9 cm, havendo posterior redução com doses maiores. Resultados contrários foram obtidos por Caldeira et al, (2009) testando diferentes doses de bio sólido com casca de arroz carbonizada para a espécie *Mimosa flocculosa* que obteve as melhores médias de altura nos tratamentos com as maiores doses de bio sólido, 70 e 80%.

Com relação do DC e LF, o T1 apresentou dados inferiores aos demais tratamentos. Creditando a adição do bio sólido como um efeito positivo em relação à essas variáveis, obtendo mudas com maior probabilidade de sobrevivência quando levadas à campo. Carneiro (1995) diz que o DC serve para avaliar a capacidade de sobrevivência da muda no campo, sendo indicado para auxiliar a definição das doses de fertilizantes a serem aplicados, objetivando a produção e qualidade de mudas arbóreas, enquanto a quantidade de LF para Tavares Júnior (2004) é extremamente vantajosa se ocorrer em um menor período de tempo, pois possibilita o plantio antecipado, podendo ser aproveitada a estação chuvosa quando as condições climáticas são, normalmente, favoráveis ao pegamento das mudas. Estes resultados estão em concordância com os encontrados por Nóbrega et al. (2007), que obtiveram DC máximo de 0,21 cm na dose de 37% do bio sólido.

Quanto aos resultados de CR e MSRA estes não apresentaram diferença conforme os tratamentos, entretanto, para os valores de MSPA e MST observou-se diferença, onde o T4 mostrou-se superior em ambas as variáveis. Infere-se que, em decorrência do aumento das doses de bio sólido no substrato, houve aumento no aproveitamento dos nutrientes pela planta e conseqüente aumento na produção de MSPA e MST até a dose de 45%, os resultados indicam um equilíbrio entre as variáveis.

Denega et al. (2007) obtiveram resultados significativos na MSPA utilizando composto com lixo urbano no desenvolvimento inicial de

três espécies florestais, e atribuíram os resultados as características de cada espécie e não às diferenças dos tratamentos.

Para a relação MSPA/MSRA o T1 apresentou menor média quando comparado aos demais tratamentos, demonstrando que o uso do biossólido influenciou diretamente na produção da massa seca do Timburi. No entanto, o aumento dessa relação, resultou em valores acima de 0,50, sendo este superior ao valor proposto por Daniel et al. (1997), que seria de 0,45. Este aumento pode ser prejudicial à muda, devido a tendência de desequilíbrio no desenvolvimento, podendo ocorrer tombamento da muda quando levada a campo, pois com raízes menores ocorre maior dificuldade de sustentação da parte aérea.

As maiores médias encontradas para as relações H/DC e H/MSPA ocorreram no T1, observando-se que as doses de biossólido não influenciaram nessas características. No entanto todas as médias da variável H/DC, independente de tratamento, encontram-se acima dos limites para fase de produção de mudas indicados por Carneiro (1995), situados entre 5,4 até 8,1. O autor explica que essa relação exprime um equilíbrio de crescimento, relacionando esses dois parâmetros em apenas um índice (Carneiro, 1995). Entretanto, para a variável H/MSPA, Gomes (2001) explica que quanto menores forem os índices desta relação, mais lignificada estará a muda e maior a sua capacidade de sobrevivência em campo, sendo o T4 o que apresentou menor índice no presente experimento.

Com relação ao índice de qualidade de Dickson (IQD) o T4 e T5 não apresentaram diferença entre si, os maiores índices de qualidade de Dickson obtidos apresentam no geral maiores valores de DC, CR, MSPA, MSRA e MST, assim quanto maior o valor de IQD, melhor será a qualidade da muda. Para Fonseca et al. (2002) o índice de qualidade de Dickson serve como indicador da qualidade das mudas, pois seu cálculo considera a robustez e o equilíbrio da distribuição da biomassa na muda, ponderando os resultados de vários parâmetros importantes empregados

para avaliação da qualidade. Hunt (1990)¹ citado por Gomes (2001) propôs que um valor mínimo de 0,20 era um bom indicador para a qualidade de mudas de *Pseudotsuga menziesii* (Mirbel) Franco e *Picea abies* (L.) Karst., sendo que quanto maior for o valor para este índice, melhor será o padrão de qualidade das mudas, estando os valores obtidos no presente trabalho acima do indicado pelo autor.

4.2 Concentração dos macronutrientes e micronutrientes da parte aérea e radicular do Timburi

Os resultados das concentrações de macronutrientes e micronutrientes da parte aérea e radicular das mudas de Timburi indicaram diferença.

As concentrações de N, K, Ca, Mn, P e Mn foram significativas tanto na parte aérea quanto raiz, sendo que as maiores concentrações ocorreram na parte aérea.

Os teores de N na parte aérea e radicular tiveram comportamento linear (Fig. 2-B e 2-C), devido à maior disponibilidade de N, proporcionado pela adição de bio sólido no substrato, promovendo conseqüentemente maior absorção do nutriente pela planta (Tabela 4). De acordo com os resultados com a maior quantidade de N disponível proporcionou maior absorção. RENÓ et al. (1997) trabalhando com a omissão de nutrientes N, P e S, no desenvolvimento inicial de quatro espécies florestais nativas observaram que houve redução severa no crescimento, o que indica o alto grau de necessidade das espécies em relação a esses nutrientes. Furtini Neto et al. (1999) obtiveram os melhores resultados em relação ao desenvolvimento vegetativo nos tratamentos que continham bio sólido devido à maior disponibilidade de N, P e K contido nas misturas, nutrientes estes que influenciam diretamente no desenvolvimento inicial das mudas de espécies nativas.

¹ HUNT, G.A. Effect of styroblock design and cooper treatment on morphology of conifer seedlings. In: TARGET SEEDLING SYMPOSIUM MEETING OF THE WESTERN FOREST NURSERY ASSOCIATIONS, 1990, Roseburg. **Proceedings...** Fort Collins: United States Department of Agriculture, Forest Service, 1990. p. 218-22.

Nascimento et al. (2004) trabalhando com alterações químicas em solos e crescimento de milho e feijoeiro após, aplicação de lodo de esgoto observou aumento no teor de N total nas amostras com as doses do lodo, indicando a eficiência do resíduo em suprir N para o crescimento vegetal.

Para os valores de P na parte área e radicular as doses iniciais do biossólido não foram satisfatórias para elevação no teor, verificando um comportamento quadrático, cuja proporção mínima seria a dose de 40,5% de biossólido para 6,16 g kg⁻¹ de P na parte aérea e na parte radicular dose de 37,0% de biossólido para 7,22 g kg⁻¹ de P, havendo aumento posterior à essas doses (Fig. 2-D e 2-E). Com o decréscimo nos teores de P houve o aumento do Ca e Mg nas partes aérea e radicular de acordo com adição do biossólido, fato que pode ter influenciado na absorção do nutriente. Os resultados estão em concordância com o de Malavolta (1980), que relata que em milho a maior relação de Ca:Mg reduziu a concentração de P.

Assis (1995) em estudo sobre nutrição mineral e crescimento de mudas de dendezeiro, observou o sinergismo que ocorre entre o Mg e P. Para o autor, as plantas que menores índices de Mg também apresentaram menores índices de P, resultado que não ocorreu no presente trabalho.

Em relação aos teores de K (Fig. 2-F e 2-G) para a parte aérea o comportamento foi quadrático, onde o ponto máximo de absorção foi na dose de 34,4% de biossólido com 9,5 g kg⁻¹ de K, no entanto, para a parte radicular houve um decréscimo linear a partir da testemunha. Os valores de Ca obtidos na análise dos substratos (Tabela 4) são maiores quando comparados aos valores de K o que pode ter influenciado na absorção de ambos os nutrientes devido à inibição do Ca sobre o K. Resultados obtidos por Guerrini et al. (2000), também indicaram alto teor de Ca e redução de K em três solos com a aplicação de resíduos de fábrica de celulose e papel em plantios de eucalipto, resultando na deficiência K nas folhas, após dois anos de plantio e a necessidade de uma adubação complementar.

Trigueiro (2002) observou que as mudas que se desenvolveram em substratos com maior quantidade de Ca, com adição de bio-sólido, apresentaram menor concentração de K na parte aérea, resultado devido ao efeito antagônico entre esses elementos.

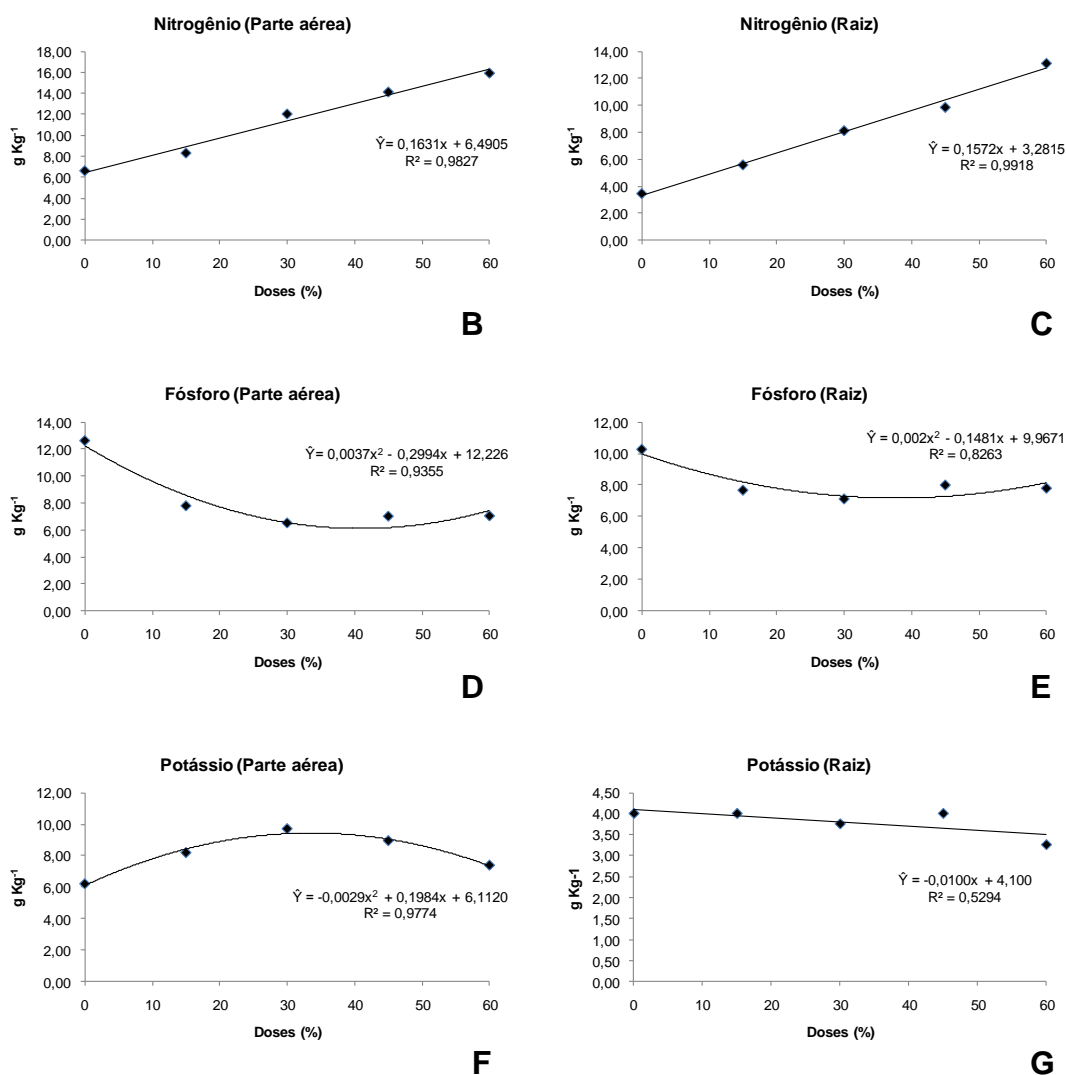


Figura 2 – B e C (Nitrogênio parte aérea e radicular); D e E (Fósforo parte aérea e radicular); F e G (Potássio parte aérea e radicular).

Os teores de Ca (Fig. 3-H e 3-I) e Mg (Fig. 3-J e 3-L) tiveram resultado linear de acordo com a adição de bio-sólido. Resultado relacionado com o aumento do pH nos substratos (Tabela 4) que faz com que a absorção de ambos os nutrientes ocorra sob efeito indireto, ou seja, na faixa de pH 6,0 a 7,0 absorção de Ca e Mg é máxima (MALAVOLTA, 2006). Os resultados obtidos estão em discordância com Epstein (1975) que afirma que a absorção do Mg e do Ca é competitiva, e o antagonismo

implica que o excesso de um desses elementos resulta na diminuição na absorção do outro, segundo Rosolem et al. (1984) mencionou que essa competição resulta no declínio do crescimento e produção, fato não ocorrido no presente experimento.

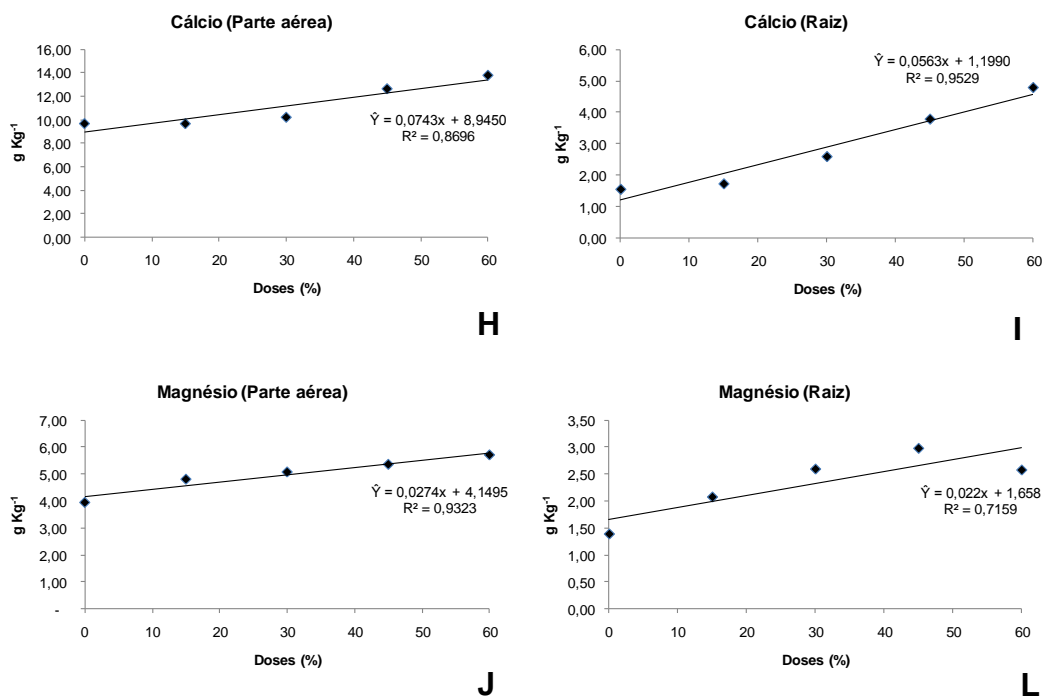


Figura 3: H e I – Cálcio parte aérea e radicular; J e L – Magnésio parte aérea e radicular.

Em relação aos micronutrientes, as concentrações de Zn (Fig. 4-M e 4-N) presente na parte aérea e radicular das mudas tiveram um comportamento linear, as quantidades desse elemento podem ser consideradas elevadas, porque estão relacionados à quantidade do nutriente presente nos substratos (Tabela 4). Mesmo com altas doses, os valores obtidos estão dentro do limite considerado adequado para o desenvolvimento das plantas indicado por Kabata-Pendias e Pendias (1985) citados por Trigueiro e Guerrini (2003), onde, os autores sem levar em consideração a espécie vegetal indicam uma faixa de concentração fitotóxica de 100-400 mg kg⁻¹ para o Zn. Nascimento et al. (2004) tiveram o Zn como elemento de maior incremento de absorção com o aumento das doses de lodo, aplicadas para ambas as de milho e feijoeiro nos dois

solos com diferentes teores de argila, resultado decorrente da alta concentração do nutriente no resíduo.

A quantidade de Zn na parte aérea esteve abaixo dos encontrados na parte radicular, Malavolta et al. (2006) explica que pode ocorrer o bloqueio do Zn para a parte aérea devido a possível precipitação pelo fosfato no xilema.

As concentrações de Na (Fig. O) e Fe (Fig. P), para a espécie Timburi só foram significativos na raiz. Abreu Junior (2008) considerou valores elevados quando relaciona os micronutrientes para as plantas não ultrapassando 100 mg kg^{-1} . Os resultados podem estar diretamente relacionados aos altos teores dos nutrientes presentes no substrato (Tabela 4).

Para os teores de Fe os resultados foram significativos somente para raiz, tendo comportamento quadrático. Nascimento et al. (2004) explicam que o nutriente, apesar de ser o metal em maior concentração no lodo, apresentou aumento relativamente pequeno de disponibilidade no solo, indicando encontrar-se no resíduo em formas de baixa disponibilidade, como, por exemplo, óxidos de ferro. Andreoli et al. (2006) cita que substratos que contêm sais em quantidades elevadas podem dificultar a absorção de água pelas plantas, limitando o crescimento e a produtividade, fato não ocorrido no experimento que pode ser explicado pelo grau de tolerância da espécie em relação aos nutrientes.

Apesar do acréscimo de Mn (Fig. Q e R) ocorrido no substrato de acordo com o aumento na dose de bioossólido, para os resultados na parte aérea e radicular das mudas houve um decréscimo inicial, após a primeira dose e um acréscimo final no T5, estando à absorção mínima na parte aérea na dose de 37,78% com $12,23 \text{ g kg}^{-1}$ de Mn e parte radicular dose de 38,22% com $6,73 \text{ g kg}^{-1}$ de Mn. Resultados discordantes observados por de Mendonça et al. (1999), que obtiveram maior concentração de Mn nas folhas do tratamento com omissão de calagem, sendo que o Mn tem disponibilidade reduzida com elevação de pH, o que não ocorreu no presente trabalho já que de acordo com o aumento do pH também se elevaram os valores de Mn no substrato (Tabela 4).

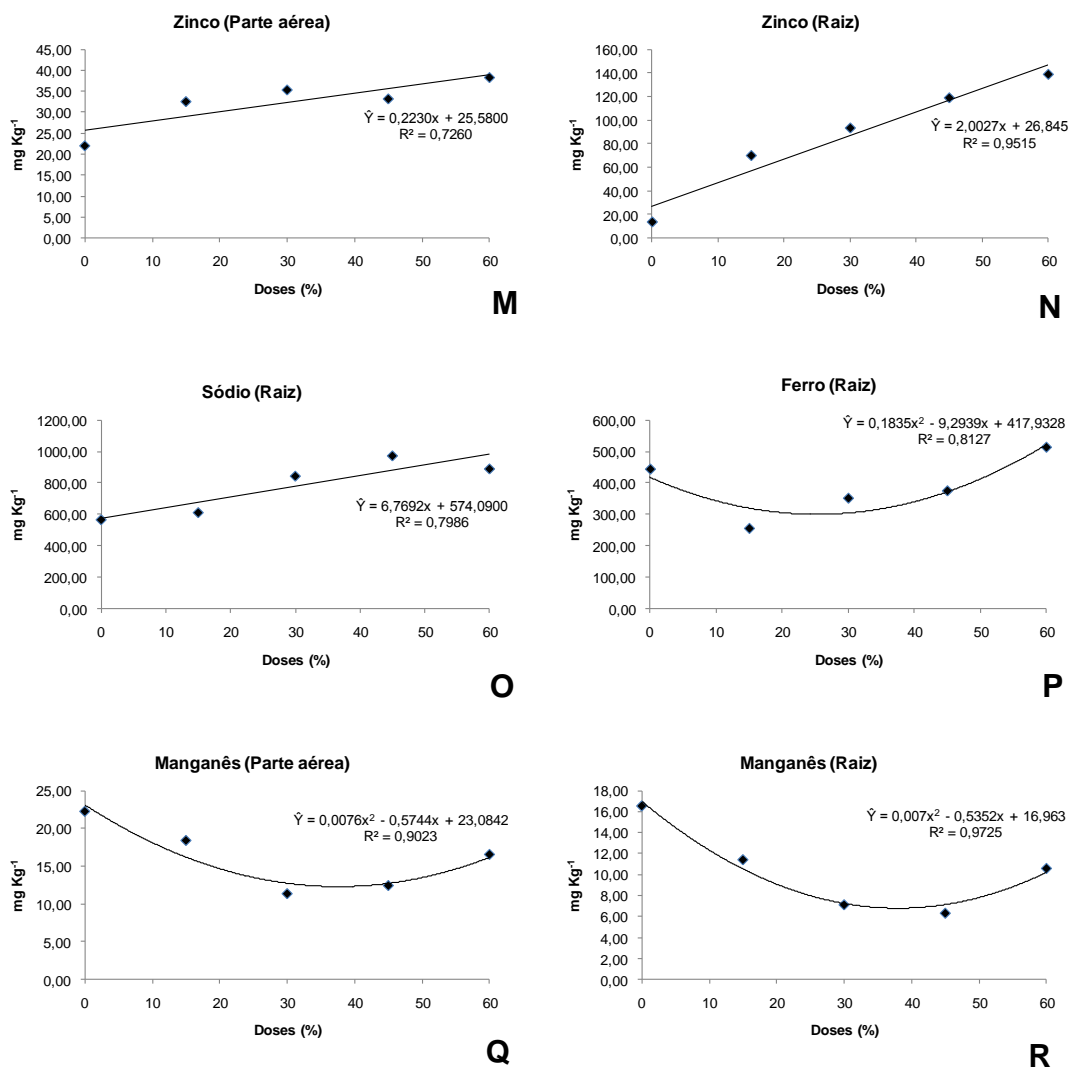


Figura 4: M e N – Zinco Parte aérea e radicular; O e P – Sódio e Ferro Parte radicular; Q e R – Manganês Parte aérea e radicular.

5 CONCLUSÕES

1. Com as doses utilizadas não foi possível estimar a quantidade adequada de bio sólido para o máximo desenvolvimento das mudas;
2. O uso do bio sólido favoreceu o crescimento das plantas;
3. Os teores de nutrientes nas mudas de Timburi variaram com as doses de bio sólido;
4. Os tratamentos com 45% de bio sólido + 55% substrato comercial e com 60% de bio sólido + 40% substrato comercial proporcionaram as melhores médias do índice de qualidade de desenvolvimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU JUNIOR, C.H. Micronutrientes como elementos tóxicos para as plantas. **CENA-USP**, São Paulo, 2008.

ALEXANDRE, R.S.; GONÇALVES, F.G.; ROCHAS, A.P.; ARRUDAS, M. P.de; LEMES, E. de Q. Tratamentos físicos e químicos na superação de dormência em sementes de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. **Ciências Agrárias**. São Paulo, v.4, n.2, 2009 p.156-159

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). Standard methods for the examination of water and wastewater. 20. ed. Washington: **American Public Health Association**; AWWA; WPCF, 1999. 1569 p.

ANDREOLI, C. V.; PEGORINI, E. S. Gestão Pública do Uso Agrícola do Lodo de Esgoto. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. **Impacto Ambiental do Uso Agrícola do Lodo de Esgoto**. 1.ed. Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, 2000. p.281-312.

ANDREOLI, C.V.; FERREIRA, A.C.; CHERUBINI, C.; TELES, C.R.; CARNEIRO, C.; FERNANDES, F. Higienização do lodo de esgoto. In: ANDREOLI, C.V. (Coord). **Resíduos Sólidos do Saneamento: Processamento, Reciclagem e Disposição Final**. Rio de Janeiro: Prosab/ABES, 2001. p.87-118

ANDREOLI, C.V.; TAMANINI, C.R.; HOLSBACH, B.; PEGORINI, E.S.; NEVES, P.S. Uso de lodo de esgoto na produção de substrato vegetal. In: ANDREOLI, C.V. (Coord) **Alternativas de uso de resíduos do saneamento**. Rio de Janeiro: Prosab/ABES, 2006. p.87-116.

ANDRADE, C. A. **Nitratos e metais pesados no solo e em plantas de *Eucalyptus grandis* após aplicação de biossólido da ETE de Barueri**. 1999. 65 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1999.

ASSIS, R.P. **Nutrição mineral e crescimento de mudas de dendezeiro (*Elacis guineensis* Jacq.) em função de diferentes relações entre K, Ca e Mg na solução nutritiva**. 1995. 41p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) Universidade Federal de Lavras. Lavras-MG.

AZEREDO, G.A. de; BRUNO, R.de L.A.; ANDRADE, L.A. de.; CUNHA, A.O. Germinação em sementes de espécies florestais da Mata Atlântica (Leguminosae) sob condições de casa de vegetação. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. 2003. p.11-16

AZEVEDO, V.R.; ALMEIDA, M.de C.; FIRMINO, J.L. Germinação de Sementes de Timbaúba (*Enterolobium schomburgkii* Benth) Mimosoidae. **Anais**. VIII Congresso de Ecologia do Brasil, Caxambu-MG, 2007.

BETTIOL, W.; CAMARGO, O. DE. **Lodo de esgoto: Impactos ambientais na agricultura**. Jaguariuna: EMBRAPA Meio Ambiente, 2006.349p.

CALDEIRA, M.V.W.; LOMBARDI, K.C.; TRAZZI, P.A.; COLOMBI, P. Biossólido e casca de arroz carbonizada como substrato para a produção de mudas de *Mimosa flocculosa*. In: Congresso Brasileiro de Resíduos orgânicos. 2009. Cd-Rom.

CAMARGO, O. A.; MONIZ, A.C.; JORGE, J.A.; VALADARES, J.M.A.S. Métodos de análise química, mineralógica e física de solos. **Boletim Técnico do Instituto Agrônomo**, Campinas, n. 106, p. 1-97, 1986.

CARNEIRO, J.G. de A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba-PR: UFPR/UENF/FUPEF. 1995. 451p.

CASSINI, S.T.; VAZOLLER, R.F.; PINTO, M.T. Introdução. In: Cassini S. T. (Coord). **Digestão de resíduos sólidos orgânicos e aproveitamento do biogás**. Rio de Janeiro: Prosab, RIMA ABES, 2003. p.1-9.

CETESB. COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO Norma P. 4230 – Aplicação de Lodos de Sistemas de Tratamento Biológico em Áreas. Agrícolas – Critérios para Projeto e Operação. São Paulo, 1999. 32p.

CUNHA, A. de M.; CUNHA, G. de M.; SARMENTO, R. de A.; CUNHA, G. de M.; AMARAL, J. F. T. do. Efeito de diferentes substratos sobre o desenvolvimento de mudas de *Acacia sp.* **Árvore**, Viçosa-MG, v.30, n.2, 2006. p.207-214.

DANIEL, O.; VITORINO, A.C.T.; ALOVISI, A.A.; MAZZOCHIN, L.; TOKURA, A.M.; PINHEIRO, E.R.P.; SOUZA, E.F. Aplicação de fósforo em mudas de *Acacia mangium* Willd. **Árvore**, Viçosa, v.21, n.2, 1997, p.163-168.

DENEGA, S.; MAGGI, M.F.; JADOSKI, S.O.; VALÉRIO, A.F.; QUEROZ, G.I.; IACHINSKI, E.O.; Efeito de composto de lixo urbano no desenvolvimento inicial de três espécies florestais nativas. **Ambiência**, Guarapuava, PR, v.3, n.3, 2007, p.353-362.

DICKSON, A.; LEAF, A.; HOSNER, J.F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forestry chronicle**. v.36. 1960. 10-13p.

DUBOC, E. **Desenvolvimento inicial e nutrição de espécies arbóreas nativas sob fertilização, em plantios de recuperação de cerrado degradado**. 2005. Doutorado (Tese de doutorado em Ciências Agrônomicas) Universidade Estadual de São Paulo. Botucatu-SP

EIRA, M.T.S.; FREITAS, R.W.A.; MELLO, C.M.C. Superação da dormência de sementes de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. **Brasileira de Sementes**. v.15, n.2, 1993, p.177-181.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solos**. 2 ed. rev. e atual. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997. 212p.

EPSTEIN, E. **Nutrição mineral das plantas**: princípios e perspectivas. São Paulo: EDUSP, 1975. 341p.

FERMINO, M.H. O uso da análise física na avaliação da qualidade de componentes e substratos. In: FURLANI, A.M.C. et al. **Caracterização, manejo e qualidade de substratos para a produção de plantas**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2002.p.29-37

FURTINI NETO, A.E.; RESENDE, A.V. de.; VALE, F.R.do.; FAQUIN, V.; FERNANDES, L.A. Acidez do solo, crescimento e nutrição mineral de algumas espécies arbóreas, na fase de muda. **Cerne**, Lavras-MG, v.5, n.2, p.1-12, 1999.

FONSECA, E. de P.; VALERI, S. V.; MIGLIORANZA, E.; FONSECA, N. A. N.; COUTO, L. Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume, produzidas sob diferentes períodos de sombreamento. **Árvore** Viçosa-MG, v. 26, n.4, 2002. p. 515-523.

GHINI, R.; BETTIOL, W. Uso agrícola de lodo de esgoto pode ter efeitos na ocorrência de doenças de plantas. **EMBRAPA**. Meio Ambiente. Jaguariuna-SP. 2009. Disponível em <http://www.usp.br/cirra/arquivos/raquel_lodo.doc> Acesso em 15/01/2010.

GOMES, J.M. **Parâmetros morfológicos na avaliação de mudas de *Eucalyptus grandis*, produzidas em diferentes tamanhos de tubete e de dosagens de N-PK**. 2001. 126p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.

GONÇALVES, J.L.M.; POGGIANI, F. Substratos para produção de mudas florestais. In: Lindóia, 1996. **Resumos**. Piracicaba: Sociedade Latino Americana de Ciências do Solo, 1996.

GUERRINI, I.A.; VILLAS BÔAS, R.L.; BENEDETTI, V.; COMÉRIO, J.; MORO, L.; Application of Wood ash and pulp and paper sludge to *Eucalyptus grandis* in three Brazilian soils. In: **Principles and practice of residuals use**. Seattle: College of Forest Resources, University of Washington, 2000. p.127-131.

ILHENFELD, R.G.K.; ANDREOLI, C.V. e LARA, A.I. Higienização do lodo de esgoto. In: FERNANDES, F. (Coord) **Uso e manejo do lodo de esgoto na agricultura**. Rio de Janeiro: Prosab/ABES, 1999. 34-45p.

KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. **Trace elements in soils and plants**. Boca Raton: CRC Press, 1985. 315p.

KÄMPF, A.N. Seleção de materiais para uso como substrato. In: KÄMPF, A.N., FERMINO, M.H. (Eds.) **Substrato para plantas: a base da produção vegetal em recipientes**. Porto Alegre : Gênese, 2000. p.139-145.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. São Paulo: Agronômica Ceres Ltda.1985.

KRAEMER, M.E.P. **Passivo ambiental**. Universidade do Vale do Itajaí-Santa Catarina, 2000. p.1-17. Disponível em < <http://www.amda.org.br/objeto/arquivos/107.pdf>>. Acesso em 04/02/2010.

LIMA, R. de L. S. de.; SEVERINO, L. S.; SILVA, M. I. de L.; JERÔNIMO, J. F.; VALES, L. S. do.; BELTRÃO, N. E. de M. Substratos para produção de mudas de mamoneira compostos por misturas de cinco fontes de matéria orgânica. **Ciênc. Agrotec.**, Lavras, v. 30, n. 3, 2006, p. 474-479.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**. São Paulo: Instituto Plantarum, 2002. 368p.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas: Princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1997, 319p.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres. 2006. 638p.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Brasil). Laboratório Nacional de Referência Vegetal. **Análise de corretivos, fertilizantes e inoculantes: métodos oficiais**. Brasília: LANARV, 1988. 104 p.

MEYER, K. B.; MILLER, K. D.; KANESHIRO, E. S. **Recovery of ascaris eggs from sludge - Journal of Parasitology**. 1978. p. 380-383.

MELO, W. J., MARQUES, M. O. Potencial do lodo de esgoto como fonte de nutrientes para as plantas. In: BETTIOL, W., CAMARGO, O. A. **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, 2000. p.109-142.

MELO, R.R.de.; RODOLFO JÚNIOR, F. Superação de dormência em sementes e desenvolvimento inicial de Canafístula (*Cassia grandis* L.f). **Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**. Ano IV. 2006.

MENDONÇA, A.V.R.; NOGUEIRA, F.D.; VENTURIN, N.; SOUZA, J.S. Exigências nutricionais de *Myracrodruon urundueva* Fr.All (Aroeira do Sertão). **Cerne**. Lavras-MG, v.5, n.2, 1999, p.65-75

MICLOS, J. dos S.; COTRIM, A. T. C.; ARAÚJO, G. P. de. Avaliação de métodos utilizados para superação de dormência em sementes de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. (tamboril) – Leguminosae (Mimosidae). **Anais**. IX Simpósio Nacional do Cerrado. Brasília, 2008.

NASCIMENTO, C.W.A.; BARROS, D.A.S.; MELO, E.E.C.; OLIVEIRA, A.B. Alterações químicas em solos e crescimento de Milho e de Feijão após aplicação de Lodo de Esgoto. **Ciência do Solo**, Viçosa-MG, 2004. p.385-392.

NÓBREGA, R.S.A.; VILAS BOAS, R.C.; NOBREGA, J.C.A.; PAULA, A.M. de; MOREIRA, F.M.de S. Utilização de biossólido no crescimento inicial de mudas de Aroeira (*Schinus terebynthifolius* Raddi). **Arvore**. Viçosa-MG. 2007.p-239-246.

RENÓ, N.B.; SIQUEIRA, J.O.; CURI,N.; VALE, F.R.do. Limitações nutricionais do crescimento inicial de quatro espécies arbóreas nativas em latossolo vermelho-amarelo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.32, n.1, 1997. p.17-25.

ROSA JUNIOR, E.J.; DANIEL, O.; VITORINO, A.C.T. & SANTOS FILHO,V.C. Efeito de diferentes substratos sobre o desenvolvimento de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill, em tubetes. **Ciência Agrônômica**, Ceará, 1998, p.18-22.

ROSOLEM, C.A.; MACHADO, J.K.; BRINHOLI, O. Efeito das relações Ca/Mg, Ca/K e Mg/K do solo na produção de sorgo sacarino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.19, n.12, p.1443-1448, dez. 1984.

SALOMÃO, A.N.; SILVA, J.C.S.; DAVIDE, A.C.; GONZALES, S.; TORRES, R.A.A.; WETZEL, M.M.V.S.; FIRETTI, F.; CALDAS, L.S. **Germinação de sementes e produção de mudas de plantas do cerrado**. Brasília, DF: Rede de Sementes do Cerrado, 2003. 96p.

SANECAP. COMPANHIA DE SANEAMENTO DA CAPITAL. Estações de tratamento de Cuiabá. 2009

SILVA, M.R. da. **Caracterização morfológica, fisiológica e nutricional de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico**. 1998. 105p. Dissertação (mestrado em Engenharia Florestal/Silvicultura) Universidade Federal do Curitiba-Paraná.

SILVA, J.E.; RESCK, D.V.S.; SHARMA, R.D. Alternativa agrônômica para o biossólido produzido no Distrito Federal. II – Aspectos qualitativos,

econômicos e práticos de seu uso. **Ciência do Solo**, v.26, n.2, 2000, p.497-503.

SIMPOSIUM ON WATER-REPELLENT SOILS, 1968, **University of California Riverside. Measurements of contact angle, water drop penetration time and critical surface.** (In Proceedings). California: 1969.

SODRÉ, G.A.; CORÁ, J.E.; BRANDÃO, I.C.S.F.L.; SERÔDIO, M. H. de C. F. Características químicas de substratos utilizados na produção de cacauzeiros. **Bras. Frutic**, Jaboticabal-SP, v. 27, n. 3, 2005. p. 514-516

TAVARES JUNIOR, J.E. **Volume e Granulometria do substrato na formação de mudas de café.** 2004. 73p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Piracicaba: São Paulo.

TEDESCO, M.J., MORAES, S.P., CAMARGO, F.A. de O.,SELBACH, P.A.,GIANELLO, C.. Absorção de metais pesados pela cultura do milho em solos submetidos a diferentes doses de composto de lixo. **Anais.** In: Congresso Brasileiro de Ciências do Solo. Rio de Janeiro: Sociedade de Brasileira de Ciências do Solo, 1997

TELES, C.R.; COSTA, A.N.; GONCALVES, R.F. Produção de lodo de esgoto em lagoas de estabilização e o seu uso no cultivo de espécies florestais na região sudoeste do Brasil. *Sanare, Paraná*, v.12, n. 12, p. 53-60, 1999.

TRIGUEIRO, R. de M. **Uso de bio sólidos como substrato para produção de mudas de Pinus e Eucalipto.** 2002. 94p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". Botucatu: São Paulo.

TRIGUEIRO, R. de M. e GUERRINI, I. A. Uso de bio sólido como substrato para produção de mudas de eucalipto. **Scientia Forestalis.** Piracicaba-SP, 2003, p. 150-162.

VALERI, S.V.; CORRADINI, L. Fertilização em viveiro para produção de mudas de *Eucalyptus* e *Pinus*. In: GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal.** Piracicaba: IPEF, 2000. p.168-190.